

豆雁在中国的春季迁徙路线及迁徙停歇地

郭家良 刘雪华* 杨萍 徐冰

清华大学环境学院 北京 100084

摘要: 掌握禽流感病毒携带者豆雁 (*Anser fabalis*) 的迁徙路线对于全面理解候鸟在禽流感疫情传播与扩散中的作用具有重要意义。2013 年 3 月至 4 月在江西省鄱阳湖南矶山保护区, 利用卫星跟踪法对 3 只豆雁个体的迁徙路线进行研究, 仅有 1 只个体成功传输数据。数据经 Google Earth 和 Excel 软件处理后, 结果显示: 该只豆雁由江西鄱阳湖出发, 途经安徽、江苏、山东、天津等省市到达河北秦皇岛, 5 月被发现死于山海关, 迁徙总距离约 1 500 km, 有 5 个停歇地; 两相邻停歇地之间最短距离为 20 km, 最长为 700 km; 停留时间最短为 1 d, 最长为 14 d; 约 68% 的停歇位点地物类型为农田; 飞行高度平均值为 15 m, 最大值为 407 m。

关键词: 豆雁; 迁徙行为; 迁徙路线; 迁徙停歇地; 地物特征

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2015) 02-288-06

Spring Migration Route and Stopovers of Bean Goose (*Anser fabalis*) in China

GUO Jia-Liang LIU Xue-Hua* YANG Ping XU Bing

School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract: Migration route of the avian flu virus' carrier bean goose (*Anser fabalis*) was studied for better understanding of the role migratory birds play in the spreading of avian influenza. During March and April 2014 three healthy bean geese were armed with PTTs and tracked by satellite in the nature reserve of Nanji Mountain, Poyang Lake. Only one of them was successfully tracked. The data was processed using Google Earth and Excel. This bean goose migrated about 1 500 km from Poyang Lake in Jiangxi Province to Qinhuangdao in Hebei Province via other four provinces including Anhui, Jiangsu, Shandong and Tianjin and stopped at five stopovers along the way. The distances between two adjacent stopovers ranged from 20 km to 700 km (Fig. 1). The rest duration in each stopover site ranged from one day to fourteen days. Surface feature of about 68% stop sites were distinguished to be farmland (Fig. 2). Average flight altitude was 15 meters and the maximum record was 407 meters.

Key words: *Anser fabalis*; Migration behavior; Migration route; Stopovers; Surface feature

基金项目 国家 973 项目 (No. 2010CB530300) ;

* 通讯作者, E-mail: xuehua-hjx@mail.tsinghua.edu.cn;

第一作者介绍 郭家良, 男, 本科生; 研究方向: 环境工程; E-mail: florainsguo@gmail.com。

收稿日期: 2014-06-16, 修回日期: 2014-11-09 DOI: 10.13859/j.cjz.201502017

豆雁 (*Anser fabalis*) 属于雁形目鸭科, 是一种候鸟, 广泛分布于欧亚大陆及非洲北部, 其中有 2 个亚种在中国越冬, 长江中下游的湖泊湿地地区是主要的越冬地。每年春天, 越冬后的豆雁借春季气旋, 从越冬地向北迁徙 (刘静 2011)。研究表明, 豆雁为禽流感病毒 (avian influenza virus, AIV) 的携带者 (Hesterberg et al. 2009)。禽流感是由 AIV 引起的一类人畜共患传染性疾病或疾病综合征 (校海霞等 2007)。迁徙水鸟是禽流感病毒的自然储存宿主 (陈洪勋 2006), 且由于其较大的空间活动范围, 在禽流感病毒的传播中起重要作用 (Liu et al. 2005)。因此, 研究野生水鸟的迁徙对禽流感疫情的防控具有重大意义。

研究候鸟迁徙的传统方法有野外观察、雷达监测和环志等 (马志军 2009), 但均因条件和技术限制不能完整地反映整个迁徙过程的情况。前人曾用野外观察法研究豆雁的迁徙行为, 并在豆雁的迁徙数量、种群状态、取食行为及食性等方面取得了一些资料 (李晓民等 1996), 但由于其研究地点范围太小, 且研究方法局限性大, 已不能满足鸟类流行病学研究所需, 故利用先进技术全面了解豆雁迁徙的整个过程十分必要。自 20 世纪 80 年代末期应用基于 Argos 系统的卫星跟踪技术开展候鸟迁徙研究以来, 鸟类学家获得了采用常规方法所无法获得的生物学资料 (伍和启等 2008), 如迁徙路径、迁徙时间及迁徙停留地点等。2004 年, 中国科学院昆明动物研究所和全国鸟类环志中心等单位首次在中国开展了利用卫星跟踪技术来跟踪黑颈鹤 (*Grus nigricollis*) 迁徙的研究 (伍和启等 2008)。之后, 该技术还被用于黑鹳 (*Ciconia nigra*) (马鸣等 2004)、白枕鹤 (*Grus vipio*) (马建文等 2004)、渔鸥 (*Larus ichthyaetus*) (楚国忠等 2008a)、斑头雁 (*Anser indicus*) (楚国忠等 2008b) 等鸟类的跟踪研究。但在国内, 利用卫星跟踪技术对豆雁的迁徙状况进行的研究尚未见报道。

为了加强对候鸟的监测, 准确提供与迁徙动态和迁徙路线有关的信息, 我们于 2013 年 3

月至 4 月采用卫星跟踪的方法, 对豆雁的迁徙路线及迁徙停歇地进行了研究, 以便为禽流感的防控提供科学依据。

1 研究方法

1.1 卫星信号发射器

2013 年 3 月 9 日和 10 日, 在鄱阳湖南矶山自然保护区, 分别为 3 只健康的成年豆雁佩戴卫星信号发射器 (platform transmitter terminals, PTTs), PTT 型号为 Battery Powered Argos/GPS LC4™ PTT-100 (Microwave Telemetry, Inc.)。豆雁体重约 4 kg, PTT 重量 105 g, 约占鸟体重的 2.6%。PTT 编号分别为 113344、113345、113346, 并用 PTT 编号代替佩戴的豆雁编号。安装完毕后将豆雁放归。

1.2 数据及分析

1.2.1 数据的获得与展示 PTTs 发射的信号通过 Argos 卫星系统的空间传感器接收并将信号转送到地面接收处理中心, 经该中心计算机处理, 得到跟踪对象某一时刻的位置信息。依据卫星信号的精度高低, Argos 系统将数据划分为 3、2、1、0、A、B 和 Z 7 个精度等级 (location class, 简称 LC), 其中 LC 为 3、2、1 和 0 的定位精确度分别为 <150 m、150~350 m、350~1 000 m 和 >1 000 m; LC 为 Z、B、A 的数据由于信号频率不稳定, 不能估算其误差范围; LC 为 Z 的数据精度最低, 无地理坐标。本研究中将精度等级为 A、B、0、1、2、3 的数据均视为有效数据, 并定义当返回一组有效数据时豆雁所在的点为位点。每个位点返回的一组有效数据中包括日期、时间、经度、纬度和高度。我们共得到了 150 组数据, 其中 141 组为有效数据。

将每组数据中经度、纬度和高度录入谷歌地球软件 (Google Earth), 即可在地球仪上生成位点。再将日期和时间添加到该点的标注中以供排序。将有效数据全部录入后, 再利用软件自身功能添加路径, 将各点按时间顺序连接起来, 得到豆雁的迁徙路线 (图 1)。将地图按照 1:5 000 比例尺放大, 可根据卫星影像估计

该点的地物特征。本次研究中，识别出的主要地物或地貌有湖泊（深水水面，蓝色）、湿地（浅滩，蓝绿色）、沙地（棕黄色）、草地（绿色）、农田（黄色）和建设用地（房屋、建筑工地，灰色）。

将飞行高度数据用 Excel 软件处理后，可以得到飞行高度的平均值和最大值。

1.2.2 若干定义及数据分析 本研究中，根据位点的分布情况，将方圆 25 km 以内、至少含有日期不同的两个位点的区域定义为迁徙停歇地。鄱阳湖区域既包括豆雁的越冬地，也包括豆雁迁徙初期可能停歇的地区，但有些位点组成的区域不满足本研究中迁徙停歇地的定义，故没有单独列出。

按照高度对位点进行分类，我们将高度为 0 的点定义为地面点，高度大于 0 而不超过 5 m 的点为近地点，其余点为高空点。为了揭示豆

雁对停歇地生态特征的偏好，对地面点、近地点以及迁徙停歇地的地物特征进行了分析。其中，地面点和近地点，直接选取该位点的地物进行分析；迁徙停歇地，选取两个时间上隔夜的相邻位点的地物进行分析。在迁徙停歇地中选取点时，不再考虑该位点高度，但需避免重复选点。符合分析条件的点共 74 个。

2 研究结果

2.1 跟踪结果

113344 和 113346 号豆雁未返回任何有效数据；113345 号豆雁在 3 月 14 日至 4 月 25 日期间返回了数据，于 5 月在山海关被发现死亡。

2.2 迁徙路线及迁徙停歇地

用谷歌地图软件模拟得到 113345 号豆雁迁徙路线（图 1）。路线跨越了江西省、安徽省、



图 1 豆雁在中国的春季迁徙路线及迁徙停歇地间距

Fig. 1 Route, stopovers and distances of bean goose spring migration in China

江苏省、山东省、河北省和天津市 6 个省级行政区，总迁徙距离达 1 500 km。

该只豆雁在整个迁徙过程中的迁徙停歇地共有 5 个，江西省南昌市鄱阳湖南部区域停歇 14 d，安徽省桐城市白兔湖附近停歇 4 d，山东省东营市胜利油田停歇 9 d，河北省秦皇岛市海港区停歇 1 d，河北省秦皇岛市山海关区停歇 10 d。各迁徙停歇地的名称和间距已在图 1 中标明。豆雁从鄱阳湖至白兔湖迁飞时间小于 19 h，从白兔湖至胜利油田迁飞时间小于 26 h，从胜利油田至秦皇岛海港区的迁飞时间小于 72 h，从海港区至山海关区的迁飞时间小于 4 h。

2.3 迁徙停歇地地物特征

本次研究中，符合分析条件的点占有效数据的 53%。将这 74 个点的地物特征进行分类统计（图 2），豆雁选择停留的地区，其典型地物主要为水域（或水体岸边）以及农田。除鄱阳湖外，在其余 4 个迁徙停歇地的主要地物类型均为农田。

2.5 迁飞高度

数据经 Excel 软件处理后，得到所有有效数据飞行高度平均值为 15 m，最大值为 407 m，最大值出现在豆雁从鄱阳湖至白兔湖的迁徙途中，表明该只豆雁在远距离（约 250 km）迁徙途中飞行高度较高。

3 讨论

3.1 数据精度

相对而言，Argos 系统的定位点中，精度为 1、2、3 的点更有参考价值。但本研究 141 组定位点中，精度为 1、2、3 的点共有 36 个，仅占总有效数据的 25.5%。造成位点定位精度不够高的主要原因可能是信号不稳定，而使用多普勒频移方法计算的精度还可能受到发射位点地形等条件的影响。

在本研究中，确定位点的地物类型最容易受到定位精度影响，这种影响甚至会直接改变结果。如豆雁在建设用地上停歇的情况，除了豆雁在该点实际飞行高度较高，但仍将该点纳入

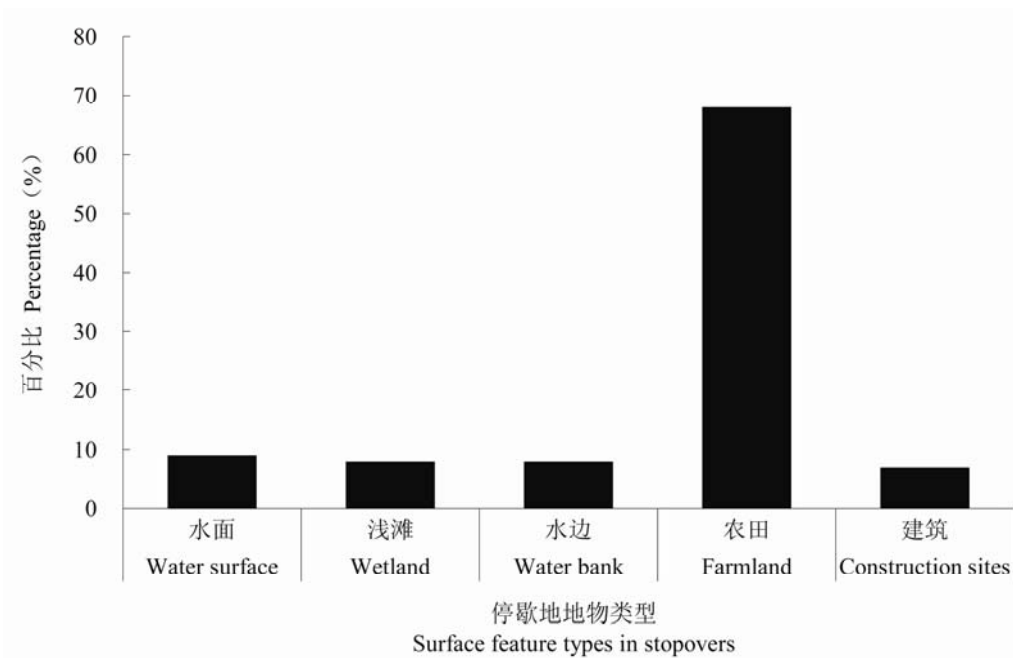


图 2 豆雁迁徙途中停歇地的地物特征分布

Fig. 2 Surface features of the stopovers during bean goose migration

统计的原因以外, 还可能由定位精度的偏差造成的。因此, 在得出停歇地地物特征时, 应主要考虑位点聚集的某一地理区域内覆盖面积最大的地物类型。由数据精度信息也可以看出, 卫星跟踪技术的主要缺点为跟踪精度不够高 (关鸿亮等 2000), 这为鸟类迁徙停歇地的生境研究带来了一定的困难。

3.2 隔夜位点的选取

为了研究豆雁对迁徙停歇地地物特征的偏好, 我们选取了地面停留点和近地点进行分析, 但这些点不足以代表豆雁停留的所有位置, 如豆雁在某处过夜时的位置信息无法获取。为了弥补这种不足, 将隔夜相邻的高空点补充计入。该做法存在以下问题: 一是豆雁位于该点高空, 该点地物对豆雁构成吸引的可信度较低; 二是豆雁在过夜时真正的停留地点很可能不是两个相邻点中的任何一个, 甚至可能离这两点都很远。

3.3 地物特征偏好与跟踪时间

本研究中, 该豆雁在白兔湖附近停歇时, 返回的位点均分布在距离最近湖岸约 20 km 的农田。该现象可能表明, 豆雁在选择迁徙停歇地时, 相比水域会优先选择农田。这与李晓民等 (1996) 对豆雁食性的研究结果相符, 豆雁的觅食地多为收割过的小麦 (*Triticum aestivum*)、大麦 (*Hordeum vulgare*) 及玉米 (*Zea mays*) 田, 且豆雁在农田觅食, 在水边湿地过夜。由于研究条件所限, 只获得了每日 8:00 ~ 14:00 时这个时间段内的数据, 故无法获知豆雁过夜处的地物特征。在今后的研究中应当完善不同时间段资料的收集, 以便搞清豆雁对停歇地地物特征的偏好与要求。

3.4 禽流感病毒传播方式

本研究结果表明, 豆雁多选择农田区域停留, 而在农田处很可能有家禽存在。相关研究表明, 禽流感的传播可能与野鸟、留鸟交接区内野鸟和留鸟的相互作用有关 (吴晓旭等 2013), 因此豆雁可能在停歇地停留期间将其携带的禽流感病毒传播给家禽。要确定禽流感传

播与豆雁等候鸟携带者迁徙的关系, 还需要进一步研究候鸟迁徙与禽流感爆发在时空上的关系等。

4 结论和建议

通过对研究数据的分析, 我们初步揭示了鄱阳湖区域越冬豆雁在春季迁徙行为的一些规律以及豆雁在迁徙途中选择停歇地时对地物特征的偏好。结果表明, 豆雁在中国境内的迁徙路线为江西鄱阳湖-安徽白兔湖附近-山东胜利油田-秦皇岛山海关, 其在停歇地之间进行迁徙的速度非常快, 通常在一昼夜之间完成几百千米的飞行, 再在下一个停歇地停歇数天。迁徙停歇地地物类型主要为农田, 豆雁利于觅食。以上结果可以为研究候鸟的迁飞过程提供一定的依据, 但此次获得的豆雁春季迁徙路线仍不完整并缺乏夜间数据, 建议今后的研究进行补充, 并与实地考察相结合, 完善对豆雁迁徙全过程的研究。

致谢 感谢江西省鄱阳湖南矶山国家级自然保护区对本项工作提供的大力支持。

参 考 文 献

- Hesterberg U, Harris K, Stroud D, et al. 2009. Avian influenza surveillance in wild birds in the European Union in 2006. *Influenza and Other Respiratory Viruses*, 3(1): 1-14.
- Liu J, Xiao H, Lei F, et al. 2005. Highly pathogenic H5N1 influenza virus infection in migratory birds. *Science*, 309(5738): 1206.
- 陈洪勋. 2006. 野生迁徙水禽流感病毒感染的流行病学分析与 H5 亚型禽流感抗体 ELISA 监控技术研究. 杭州: 浙江大学硕士学位论文, 8-10.
- 楚国忠, 侯韵秋, 张国钢, 等. 2008a. 卫星跟踪青海湖繁殖地渔鸥的迁徙路线. *林业科学*, 44(4): 99-104.
- 楚国忠, 侯韵秋, 张国钢, 等. 2008b. 卫星跟踪青海湖繁殖水鸟的迁徙. *自然杂志*, 30(2): 84-89.
- 关鸿亮, 通口广芳. 2000. 卫星跟踪技术在鸟类迁徙研究中的应用及展望. *动物学研究*, 21(5): 412-415.
- 李晓民, 王永庆, 李亚芹. 1996. 豆雁迁徙行为观察. *国土与自然资源研究*, (2): 59-72.

- 刘静. 2011. 安徽升金湖国家级自然保护区豆雁的越冬食性和行为研究. 合肥: 中国科学技术大学硕士学位论文, 1-4.
- 马建文, 戴芹, 陈雪, 等. 2004. 白枕鹤迁徙路径与地面条件变化信息的遥感监测. 遥感学报, 8(3): 269-274.
- 马鸣, 魏顺德, 程军. 2004. 卫星跟踪下的黑鹳迁徙. 动物学杂志, 39(2): 102.
- 马志军. 2009. 鸟类迁徙的研究方法和研究进展. 生物学通报, 44(3): 5-9.
- 吴晓旭, 田怀玉, 周森, 等. 2013. 全球变化对人类传染病发生与传播的影响. 中国科学(D辑): 地球科学, 43(11): 1743-1759.
- 伍和启, 杨晓君, 杨君兴. 2008. 卫星跟踪技术在候鸟迁徙研究中的应用. 动物学研究, 29(3): 346-352.
- 校海霞, 严景华, 王贵华, 等. 2007. 禽流感研究进展: 迁徙鸟的作用与反向遗传技术的贡献. 前沿科学, (1): 62-73.

《自然博物》征稿启事

《自然博物》是由浙江自然博物馆主办、面向国内外公开发行的学术性出版物。《自然博物》立足国内相关的自然科学类博物馆、科技馆、专业类型博物馆、综合类型博物馆、科研院所、大专院校等单位的研究人员, 报道自然科学领域及其所包含的各分支学科研究成果, 以及国内外博物馆建设、科普教育研究、展览设计研究和创新性成果等。

一、栏目设置 《自然博物》栏目设置有: 自然科学(地球科学、生命科学领域研究成果及考察报告等); 展示教育(展示理念、展览策划设计、展品制作布展、宣传推广、教育活动实施与观众研究等); 运营管理(藏品搜集保护、公共关系与服务、运行管理与发展建设等)。优秀翻译文章可包含在相关栏目中。

二、征稿范围 征稿范围包括自然科学领域、国内外博物馆同行及各相关专业的专家、学者。凡未曾在其他刊物或媒体公开发表过的、涉及自然类博物馆专业与博物馆相关业务(包括收藏、研究、展示、教育、管理、服务、营销等)的理论探讨以及在实践基础上的理性思考之稿件, 均受欢迎。

三、投稿须知

1. 每篇研究论文字数一般不超过 12 000 字; 学科综述、研究进展不超过 10 000 字; 学术动态、书刊和论文述评不超过 5 000 字; 其他类型文章不超过 8 000 字。
2. 文稿格式顺序为: 文章标题、作者姓名、单位、所在城市及邮编、摘要、关键词、引言或前言、正文、结语(结论、讨论)、参考文献。
3. 文章题目、姓名、单位、摘要、关键词须用中文和英文两种文字。标题一般不超过 20 汉字; 摘要用第三人称写法, 不宜出现“本文、作者”等做主语, 100~300 字为宜; 关键词 3~5 个, 以分号相隔。
4. 文稿首页脚注应包括: 第一作者简介(包括姓名、性别、出生年、学位或职称、主要研究方向、电子邮箱等)、论文所属项目或基金资助项目及编号。
5. 来稿文字、符号要规范、合法; 图表力求精选, 并插入正文, 表格用三线表; 参考文献的著录方式采用“著者/出版年制”格式, 先中文、后其他文种; 作者超过 3 人时, 只写前 3 名, 后面加“等”或“et al”。
6. 《自然博物》暂定每年一卷, 每年年中出版。来稿务必注明联系地址、单位全称、邮编、电话及电子邮箱, 以便联系。

编辑部通信地址:

浙江省杭州市西湖文化广场 6 号 浙江自然博物馆《自然博物》编辑部 邮编: 310014

电话: 0571-88840708 传真: 0571-85395152

邮箱: zrbw@zmnh.com 联系人: 吴晓明